

## Efecto del nitrógeno, fósforo y potasio del medio de cultivo en el rendimiento y valor nutritivo de *Lemna gibba* L. (Lemnaceae)

### Effect of culture medium nitrogen, phosphorus and potassium on the yield and nutritive value of *Lemna gibba* L. (Lemnaceae)

Gabriel Clostre y Mery Suni

Laboratorio de Fisiología Vegetal, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Apartado postal 110058, Lima 11, Lima, Perú.

E-mai Gabriel Clostre: [gabrielclostre@yahoo.com](mailto:gabrielclostre@yahoo.com)

#### Resumen

Se cultivó *Lemna gibba* en exteriores para determinar el efecto de tres proporciones de  $\text{N-NH}_4^+:\text{N-NO}_3^-$  (1:3, 1:1 y 3:1) así como de las concentraciones de fósforo (1,5; 3,0 y 4,5  $\text{mg.L}^{-1}$ ) y potasio (3,0; 6,0; y 9,0  $\text{mg.L}^{-1}$ ) adicionadas en el medio de cultivo sobre el rendimiento y contenido de nitrógeno, fósforo y potasio. Los rendimientos de peso fresco y seco disminuyeron al incrementar la proporción del  $\text{N-NH}_4^+$ . El incremento de la concentración de potasio del medio de cultivo elevó el rendimiento del peso fresco. El contenido de materia seca disminuyó con proporciones de  $\text{N-NH}_4^+$  superiores a las de  $\text{N-NO}_3^-$ , así como con el incremento de la concentración de potasio en el medio de cultivo. La absorción y contenido de nitrógeno aumentó al elevar la proporción de  $\text{N-NH}_4^+$ ; e, incrementando las concentraciones de fósforo y potasio en el medio de cultivo. La absorción y contenido, tanto del fósforo como del potasio, se incrementan a medida que sus respectivas concentraciones en el medio de cultivo se elevan. Altas proporciones de  $\text{N-NH}_4^+$  en el medio de cultivo disminuyen el contenido de fósforo y potasio en la materia seca. Los rendimientos y contenidos de proteína cruda de *L. gibba* se optimizan con proporciones  $\text{N-NH}_4^+:\text{N-NO}_3^-$  de 1:1 y 3:1 en el medio de cultivo respectivamente. Concentraciones superiores a 9 y 4,5  $\text{mg.L}^{-1}$  de potasio y fósforo respectivamente son óptimas.

**Palabras clave:** *Lemna gibba*, medio de cultivo, nitrógeno, fósforo, potasio.

#### Abstract

*Lemna gibba* was grown in outdoor to determine the effect of three  $\text{N-NH}_4^+:\text{N-NO}_3^-$  proportions (1:3, 1:1 and 3:1), as well as the phosphorus (1,5; 3,0 and 4,5  $\text{mg.L}^{-1}$ ) and potassium (3,0; 6,0 and 9,0  $\text{mg.L}^{-1}$ ) concentrations added to the culture medium, on the yield and nitrogen, phosphorus and potassium content. Both, fresh and dry weight yields decreased as  $\text{N-NH}_4^+$  proportion increased. Increasing culture medium potassium concentration favored the fresh weight yield. Dry matter content decreased with both  $\text{N-NH}_4^+$  proportions higher than  $\text{N-NO}_3^-$  and increasing the potassium concentration in the culture medium. Nitrogen uptake and content enhanced with high  $\text{N-NH}_4^+$  proportions; and, by increasing phosphorus and potassium concentrations in the culture medium. Phosphorus and potassium uptake and content increased as their respective culture medium concentration increased. High proportions of  $\text{N-NH}_4^+$  in the culture medium decreased phosphorus and potassium content in dry matter. *L. gibba* yields and crude protein content are optimize with culture medium  $\text{N-NH}_4^+:\text{N-NO}_3^-$  proportion of 1:1 and 3:1 respectively. Potassium and phosphorus concentrations over 9 and 4,5  $\text{mg.L}^{-1}$  respectively are optimal.

**Keywords:** *Lemna gibba*, culture medium, nitrogen, phosphorus, potassium.

#### Introducción

La «denteja de agua» *Lemna gibba* L. (Lemnaceae) se distribuye ampliamente en el Perú (Brako y Zarucchi, 1993) y el mundo (Landolt, 1986). Posee un alto contenido de proteínas, pigmentos y minerales (Rusoff et al., 1980; Skillicorn et al., 1993). La «denteja de agua» ha sido evaluada con resultados satisfactorios como alimento de diversos animales de granja y peces. Su cultivo permitiría disponer de un suministro sostenible de ella, sin embargo, una inadecuada fertilización afectaría su crecimiento y calidad nutricional (Steinberg, 1946); incluso deficiencias o bioacumulación (Leng et al., 1995).

El uso adecuado de los nutrientes en el cultivo de la «denteja de agua» minimizaría las pérdidas contribuyendo a su rentabilidad como cultivo promisorio para la alimentación animal.

El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de la proporción  $\text{N-NH}_4^+:\text{N-NO}_3^-$  y la concentración del fósforo y potasio del medio de cultivo en el rendimiento y contenido de nitrógeno, fósforo y potasio en la materia seca de *L. gibba*, lo cual permitiría optimizar el rendimiento y valor nutritivo de este cultivo.

#### Materiales y métodos

Se realizaron dos experimentos consecutivos.

#### Evaluación de la proporción $\text{N-NH}_4^+:\text{N-NO}_3^-$

Se evaluó tres proporciones de nitrógeno  $\text{N-NH}_4^+:\text{N-NO}_3^-$  en el medio de cultivo: 1:3, 1:1 y 3:1. La composición del medio de cultivo ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) para los tres tratamientos fue la siguiente: N-total ( $\text{N-NH}_4^+ + \text{N-NO}_3^-$ ): 51-57; P: 43,2; K: 53,6; Ca: 125,7; S: 16,5; Mg: 13,6; Fe: 1,4; Mn: 0,4; B: 0,3; Zn: 0,15; Cu: 0,15; Cl: 68,5 y Mo: 0,01. Cada tratamiento contó con tres repeticiones. Se dispuso 5 días de tratamiento para este experimento.

#### Evaluación de la concentración de potasio y fósforo

Tres concentraciones de potasio (3,0; 6,0 y 9,0  $\text{mg.L}^{-1}$ ) y tres de fósforo (1,5; 3,0 y 4,5  $\text{mg.L}^{-1}$ ) fueron evaluados en el medio de cultivo. La composición del medio de cultivo de todos los tratamientos fue ( $\text{mg.L}^{-1}$ ):  $\text{N-NO}_3^-$ : 86,1; Ca: 125,7; S: 16,5 – 18,1; Mg: 13,6; Fe: 1,4; Mn: 0,4; B: 0,3; Zn: 0,15; Cu: 0,15; Cl: 68,5 y Mo: 0,01. Se realizaron nueve tratamientos de tres repeticiones cada uno. Se dispuso de 8 días para este experimento.

**Tabla 1.** Rendimiento y contenido de N, P y K de *Lemna gibba* L. según los experimentos y tratamientos realizados.

Tratamiento	Peso Fresco (g)	Peso Seco (g)	Contenido de Materia Seca (%)	N (% MS)	P (%MS)	K (%MS)
Inóculo inicial						
Inicio	8,00	0,50 ± 0,01	6,23 ± 0,08	4,55	1,90	4,62
Evaluación de la proporción N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> :N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (a los 5 días de tratamiento)						
1:3	27,19 ± 0,82 a	2,00 ± 0,04 a	7,38 ± 0,08 ab	4,48	4,00	4,02
1:1	26,63 ± 1,29 ab	2,05 ± 0,05 a	7,72 ± 0,19 a	4,76	4,21	3,16
3:1	25,08 ± 0,46 b	1,76 ± 0,03 b	7,02 ± 0,10b	5,25	2,90	3,07
Evaluación de la concentración de potasio y fósforo en mg.L <sup>-1</sup> (a los 8 días de tratamiento)						
3,0 : 1,5	27,60 ± 0,46 a	2,08 ± 0,05 a	7,55 ± 0,07 a	3,50	0,50	1,62
3,0 : 3,0	28,46 ± 0,52 a	2,03 ± 0,06 a	7,12 ± 0,09 a	4,06	0,62	1,65
3,0 : 4,5	27,90 ± 1,01 a	1,95 ± 0,02 a	7,00 ± 0,23 a	4,20	0,72	1,69
6,0 : 1,5	30,29 ± 0,76 b	2,14 ± 0,06 a	7,05 ± 0,18 b	3,99	0,48	2,29
6,0 : 3,0	30,92 ± 0,33 b	2,07 ± 0,02 a	6,68 ± 0,02 b	4,34	0,62	2,44
6,0 : 4,5	30,68 ± 1,00 b	2,08 ± 0,10 a	6,77 ± 0,15 b	4,41	0,76	2,52
9,0 : 1,5	33,44 ± 0,29 c	2,15 ± 0,01 a	6,43 ± 0,07 c	4,20	0,53	2,92
9,0 : 3,0	34,28 ± 0,65 c	2,12 ± 0,03 a	6,17 ± 0,04 c	4,34	0,74	2,96
9,0 : 4,5	34,24 ± 0,47 c	2,08 ± 0,07 a	6,09 ± 0,16 c	4,41	0,85	3,04

Valores con las mismas letras (a, b y c) en cada columnas son estadísticamente iguales (Tukey,  $\alpha = 0,05$ )

Se realizó un diseño de tres bloques completos al azar. Cada bloque agrupó una repetición de cada uno de los 12 tratamientos. Cada repetición consistió en un recipiente plástico (superficie de 0,038 m<sup>2</sup>) con 6 L del medio de cultivo respectivo mas un inóculo inicial (peso fresco de 8 g) de *L. gibba*. Los resultados se sometieron a un análisis de varianza y a la prueba de Tukey.

Los cultivos fueron llevados a ambientes exteriores con un fotoperíodo de 13 horas de luz. La temperatura ambiental promedio diaria fluctuó entre 20,4 a 27,5° C y la humedad relativa entre 55 a 91%

Para determinar el peso fresco, las plantas fueron lavadas con agua a través de un tamiz, escurriéndolas y absorbiendo el agua restante colocándolas sobre papel toalla. La determinación del peso seco se obtuvo secando las muestras en una estufa a 60 °C por 24 horas.

El contenido de materia seca se calculó mediante la relación: (peso seco/peso fresco) x 100%.

Para la determinación del contenido de nitrógeno total, fósforo y potasio de la materia seca se dispuso de una muestra compuesta por cada tratamiento, la cual consistió en una mezcla de partes iguales de la materia seca de cada repetición. Así se obtuvo doce muestras compuestas, cada una representando la materia seca media obtenida por tratamiento. Además se incluyó una muestra compuesta adicional obtenida de la mezcla de la materia seca de 7 inóculos iniciales separados en un inicio. En total se tuvieron 13 muestras compuestas, las cuales fueron enviadas a analizar al «Laboratorio de Aguas, Suelos y Fertilizantes» de la Estación Experimental Donoso (INIA).

Diariamente se registraron los valores de pH y sólidos totales disueltos (STD), reponiendo previamente con agua destilada el nivel inicial disminuido por la evapotranspiración.

La temperatura ambiental y humedad relativa fue registrada con un *data logger*.

Para el primer experimento se cuantificó diariamente en el medio de cultivo la concentración del N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> usando los métodos de reducción de cadmio y Nessler respectivamente (APHA, 1998).

## Resultados

### Efecto de la proporción N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>:N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en el medio de cultivo

**Peso fresco.** El peso fresco medio disminuyó un 7,8% al elevar la proporción de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> en el medio de cultivo de 1:3 a 3:1. Se obtuvo diferencias significativas entre los tres tratamientos habiendo semejanzas entre 1:3 y 1:1; y entre 1:1 y 3:1.

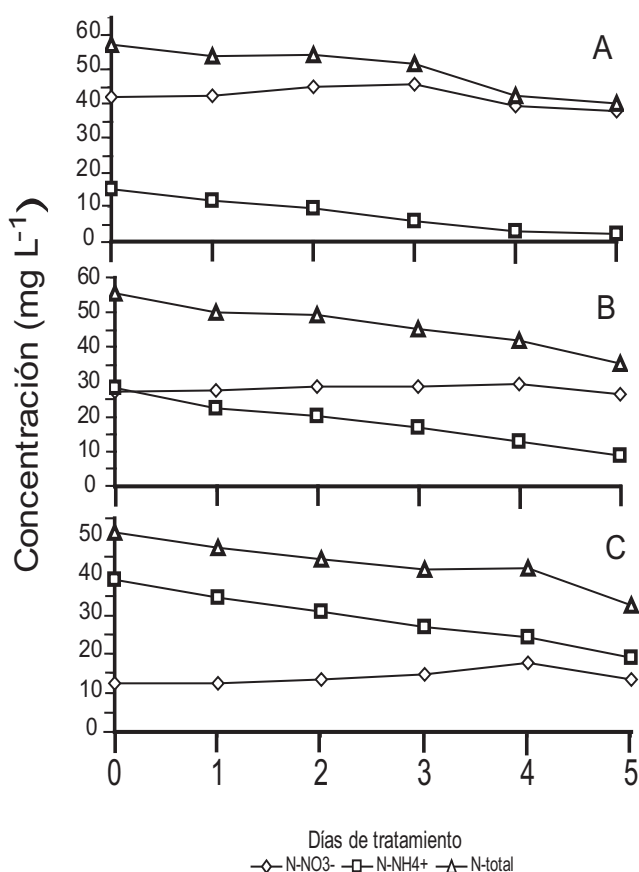
**Peso seco.** El peso seco disminuye en un 12,4% al elevar la proporción del N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> en el medio de cultivo de 1:3 a 3:1. Se obtuvo diferencias significativas entre los tres tratamientos habiendo semejanza entre 1:3 y 1:1.

**Contenido de materia seca.** El contenido de materia seca obtenido con una proporción 1:1 (7,72%) fue el mayor seguido por la relación 1:3 (7,38%), mientras que el menor contenido de materia seca fue el obtenido con 3:1 (7,02%). Se obtuvo diferencias significativas entre los tres tratamientos habiendo semejanza entre 1:3 y 1:1 y entre 1:3 y 3:1.

**Concentración de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> y N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en el medio de cultivo.** En el medio de cultivo 1:3, el N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> disminuye gradualmente de 15,4 a 2,37 mg.L<sup>-1</sup>. Mientras que, el N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> aumenta de 41,8 a 45,65 mg.L<sup>-1</sup> al tercer día; disminuyendo a 37,8 mg.L<sup>-1</sup> al quinto día de tratamiento. Se registra una disminución del N-total (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> + N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) de 17,03 mg.L<sup>-1</sup> (Fig. 1-A).

En el medio de cultivo 1:1, el N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> disminuye gradualmente de 28,40 a 8,71 mg.L<sup>-1</sup> al quinto día. El N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> aumenta gradualmente desde 27,30 al inicio hasta 29,33 mg.L<sup>-1</sup> al cuarto día, disminuyendo a 26,59 mg.L<sup>-1</sup> al quinto día de tratamiento. Se registra una disminución del N-total (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> + N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) de 20,04 mg.L<sup>-1</sup> (Fig. 1-B).

En el medio 3:1, el N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> disminuye gradualmente de 39,13 al inicio a 19,22 mg.L<sup>-1</sup> al quinto día. El N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> aumenta gradualmente desde 12,40 al inicio hasta 17,67 mg.L<sup>-1</sup> al cuarto día, disminuyendo a 13,46 mg.L<sup>-1</sup> al quinto día de tratamiento. Se registra una disminución del N-total (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> + N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) de 18,85 mg.L<sup>-1</sup> (Fig. 1-C).



**Figura 1.** Variación de la concentración de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y N-total (mg L<sup>-1</sup>) del medio de cultivo de *Lemna gibba* L. durante 5 días de tratamiento según la proporción inicial N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>:N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> de 1:3 (A), 1:1 (B) y 3:1 (C).

**Contenido de nitrógeno total, fósforo y potasio en la materia seca.** El mayor contenido de nitrógeno total (5,25%) se obtuvo con la proporción inicial de 3:1, seguido de la proporción 1:1 (4,76%), mientras que el menor (4,48%) se obtuvo con una proporción inicial de 1:3. Se registra un incremento en el contenido de nitrógeno de 17,2% al elevar la proporción del N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> en el medio de cultivo de 1:3 a 3:1. El mayor contenido de fósforo (4,21%) se obtuvo con la proporción inicial de 1:1, seguido por la proporción 1:3 (4,00%) y registrándose el menor contenido (2,90%) con la proporción inicial de 3:1. Se registra una disminución del contenido de fósforo del 31,12% al elevar la proporción inicial del N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> en el medio de cultivo de 1:3 a 3:1. El mayor contenido de potasio (4,02%) se obtuvo con la proporción inicial de 1:3, seguido por la proporción 1:1 (3,16%) mientras el menor contenido de potasio se obtuvo con la proporción inicial de 3:1 (3,07%). Se registra una disminución del contenido de potasio del 23,6% al elevar la proporción inicial del N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> en el medio de cultivo de 1:3 a 3:1 (Tabla 1 y Figura 2).

**pH y sólidos totales disueltos (STD) del medio de cultivo.** El medio de cultivo 1:3 tuvo un pH inicial de 6.3 elevándose a 6.9 al tercer día para luego disminuir hasta 6.3 al quinto día. Los STD disminuyeron de 860 a 670 mg.L<sup>-1</sup>. El medio de cultivo 1:1 tuvo un pH inicial de 6.9 elevándose a 7.1 al segundo día disminuyendo luego hasta 6.5 al quinto día. Los STD disminuyeron de 910 a 670 mg.L<sup>-1</sup>. El medio de cultivo 3:1 tuvo un pH inicial de 7.4 y disminuyó gradualmente hasta 6.8 al quinto día. Los STD disminuyeron de 940 a 717 mg.L<sup>-1</sup>.

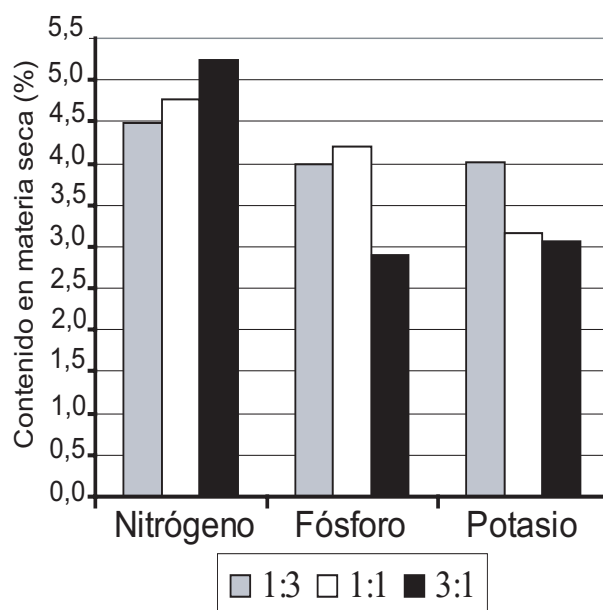
## Efecto de la concentración de fósforo y potasio en el medio de cultivo

**Peso fresco.** El peso fresco se incrementa entre un 20,5 y 22,7% al elevar la concentración de potasio en el medio de cultivo de 3,0 a 9,0 mg.L<sup>-1</sup>. Existen diferencias significativas en los pesos frescos como producto del incremento de potasio en el medio cultivo. Mientras que, no existen diferencias significativas en los pesos frescos como producto del incremento de fósforo de 1,5 a 4,5 mg.L<sup>-1</sup> en el medio de cultivo.

**Peso seco.** No existe diferencia significativa en los pesos secos como producto del incremento del potasio (de 3,0 a 9,0 mg.L<sup>-1</sup>) y/o del fósforo (de 1,5 a 4,5 mg.L<sup>-1</sup>) en el medio de cultivo.

**Contenido de materia seca.** No existen diferencias significativas en los contenidos de materia seca como producto del incremento de fósforo (de 1,5 a 4,5 mg.L<sup>-1</sup>) en el medio. Sin embargo, esta disminuye entre un 13,14 y 14,83 % al elevar la concentración de potasio del medio, existiendo diferencias significativas en los contenidos de materia seca como producto del incremento de potasio (de 3 a 9 mg.L<sup>-1</sup>) en el medio. El mayor contenido de materia seca (7,55%) se registra con 3,0 y 1,5 mg.L<sup>-1</sup> de potasio y fósforo respectivamente en el medio de cultivo; mientras que, el menor (6,08%) con 9,0 y 4,5 mg.L<sup>-1</sup> de potasio y fósforo respectivamente en el medio de cultivo.

**Contenido de nitrógeno total, fósforo y potasio en la materia seca.** El contenido de nitrógeno se incrementa entre un 5 y 20% al elevar la concentración de fósforo del medio de cultivo de 1,5 a 4,5 mg.L<sup>-1</sup> con una concentración de potasio constante. Así mismo, se incrementa entre un 5 y 20% al elevar la concentración de potasio del medio de cultivo de 3,0 a 9,0 mg.L<sup>-1</sup> con una concentración de fósforo constante. El mayor contenido de nitrógeno (4,41%) se registra con 9,0 y 4,5 mg.L<sup>-1</sup> de potasio y fósforo respectivamente en el medio de cultivo; mientras que, el menor (3,5%) se registra con 3,0 y 1,5 mg.L<sup>-1</sup> de potasio y fósforo respectivamente en el medio de cultivo (Tabla 1).



**Figura 2.** Contenido medio de nitrógeno, fósforo y potasio en la materia seca de *Lemna gibba* L. obtenido a los 5 días de tratamiento en función de la proporción N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>:N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> suministrada inicialmente.

El contenido de fósforo se incrementa entre un 6 y 19,4% al elevar la concentración de potasio del medio de cultivo de 3,0 a 9,0 mg.L<sup>-1</sup> con una concentración de fósforo constante. Mientras que, se incrementa entre un 44 y 60,4% al elevar la concentración de fósforo del medio de cultivo de 1,5 a 4,5 mg.L<sup>-1</sup> con una concentración de potasio constante. El mayor contenido de fósforo (0,85%) se registra con 9,0 y 4,5 mg.L<sup>-1</sup> de potasio y fósforo respectivamente en el medio de cultivo; mientras que, el menor (0,48%) se registra con 6,0 y 1,5 mg.L<sup>-1</sup> de potasio y fósforo respectivamente en el medio de cultivo (Tabla 1).

El contenido de potasio se incrementa entre un 2,70 y 10,04% al elevar la concentración de fósforo del medio de cultivo de 1,5 a 4,5 mg.L<sup>-1</sup> con una concentración de potasio constante. Mientras que, se incrementa entre 79,4 y 80,3% al elevar la concentración de potasio del medio de cultivo de 3,0 a 9,0 mg.L<sup>-1</sup> con una concentración de fósforo constante. El mayor contenido de potasio (3,04%) se registra con 9,0 y 4,5 mg.L<sup>-1</sup> de potasio y fósforo respectivamente en el medio de cultivo. Mientras que, el menor (1,62%) se registra con 3,0 y 1,5 mg.L<sup>-1</sup> de potasio y fósforo respectivamente en el medio de cultivo (Tabla 1).

**pH y sólidos totales disueltos del medio de cultivo.** El pH, para todos los tratamientos, manifestó un incremento desde el primer (7,1) al quinto día (8,7) para luego disminuir hasta el octavo (7,9 – 8,5).

Los sólidos totales disueltos disminuyeron de manera muy similar en todos los tratamientos, desde valores cercanos a los 770 mg.L<sup>-1</sup> en el primer día hasta los cercanos a 650 mg.L<sup>-1</sup> al octavo día.

## Discusión

El N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> del medio de cultivo en proporciones similares o mayores al N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> favorecen el rendimiento del peso fresco y peso seco. Este resultado es similar al obtenido por Reddy y Tucker (1983) en *Eichhornia crassipes*, donde con iguales proporciones dan un mayor peso seco que plantas fertilizadas sólo con N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> o con N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

El N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> favoreció el contenido del nitrógeno evidenciando que el nitrógeno es mejor asimilado por *L. gibba* bajo esta forma. Joy (1969a) indica que el N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (105 mg.L<sup>-1</sup>) es una pobre fuente de nitrógeno, aún en presencia del N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Sin embargo, a las concentraciones de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> evaluadas en esta investigación (<40 mg.L<sup>-1</sup>), no se evidenció cambios bruscos de pH ni toxicidad.

El N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> inhibe la asimilación del N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (Ingemarsson et al. 1987b), pero en bajas proporciones (1:2) no afectan a las enzimas nitrato y nitrito reductasas (Joy 1969b). Así mismo, bajas concentraciones de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en el medio (0,56 a 2,8 mg.L<sup>-1</sup>) causan descenso de la actividad específica de la enzima nitrato reductasa, mientras que a concentraciones de 14 mg.L<sup>-1</sup> el descenso de su actividad es sólo ligero (Brunold y Suter 1984). A las concentraciones de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> evaluadas (>12 mg.L<sup>-1</sup>) no se esperó descenso de la actividad de las enzimas nitrato y nitrito reductasas. Si bien se detectó cierta nitrificación del N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> debido al aumento del N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en los medios de cultivo (Figura 1), esta se considera mínima debido al corto periodo de evaluación. Cabe señalar que las proporciones N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>:N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> brindadas inicialmente en los tres tratamientos cambiaron durante el periodo de evaluación, debido principalmente a la absorción preferencial del N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> por *L. gibba*. El contenido de fósforo se reduce al incrementar la proporción de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> en el medio de cultivo, evidenciando que la proporción N-

NH<sub>4</sub><sup>+</sup>:N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en el medio de cultivo afecta su contenido. Contenidos de fósforo de hasta 4,21%, demuestran la capacidad acumuladora de *L. gibba* para este elemento.

El contenido de potasio en *L. gibba* se incrementa al elevar la proporción de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> del medio de cultivo, debido a que el N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> favorece el contenido de cationes como el potasio (Van Beusichem et al. 1988).

El peso fresco aumenta significativamente a medida que la planta dispone de una mayor concentración de potasio (de 3,0 a 9,0 mg.L<sup>-1</sup>) en el medio de cultivo, mientras que, no varía al disponer de más fósforo (de 1,5 a 4,5 mg.L<sup>-1</sup>). El peso seco no varía con el incremento de potasio o fósforo del medio de cultivo. Al favorecer el peso fresco mas no el peso seco, el incremento de potasio del medio de cultivo reduce el contenido de materia seca en la planta.

El contenido de nitrógeno de *L. gibba* se eleva al aumentar la concentración de fósforo en el medio de cultivo (de 1,5 a 4,5 mg.L<sup>-1</sup>). Como el nitrógeno fue suministrado sólo bajo la forma de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> entonces, el fósforo estaría estrechamente ligado a la asimilación del N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, como lo describe (Ruffy et al. 1990). No se evidenció síntomas de deficiencia de fósforo como los descritos por Reid y Bielecki (1970). El contenido de fósforo y potasio se incrementan al elevar sus respectivas concentraciones en el medio de cultivo. La concentración de potasio del medio de cultivo no afecta la asimilación del fósforo y viceversa.

## Agradecimientos

Los autores agradecen las valiosas sugerencias de los investigadores Magda Chanco, César Córdova y Enoc Jara.

## Literatura citada

- APHA. 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20ava. Ed. American Public Health Association, Washington, D.C.
- Bitcover E. H. y D. H. Sieling. 1951. Effect of various factors on the utilization of nitrogen and iron by *Spirodela polyrhiza* (L.) Schleid. *Plant Physiol.* 26 (2) p. 290-303.
- Brako L. y J. L. Zarucchi. 1993. Catálogo de las angiospermas y gimnospermas del Perú. Monographs in systematic botany from Missouri Botanical Garden 45:1286 pp.
- Brunold C. y M. Suter. 1984. Regulation of sulfate assimilation by nitrogen nutrition in the duckweed *Lemna minor* L. *Plant Physiol.* 76: 579-583.
- Datko A. H., S. H. Mudd y J. Giovanelli 1980. *Lemna paucicostata* Hegelm. 6746. Development of standardized growth conditions suitable for biochemical experimentation. *Plant Physiol.* 65: 906-912.
- Ingemarsson B. 1987. Nitrogen utilization in *Lemna*. I. Relations between net nitrate flux, nitrate reduction, and in vitro activity and stability of nitrate reductase. *Plant Physiol.* 85: 856-859.
- Ingemarsson B., P. Oscarson, M. Ugglas y C. M. Larsson. 1987a. Nitrogen utilization in *Lemna*. II. Studies of nitrate uptake using <sup>13</sup>NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. *Plant Physiol.* 85: 860-864.
- Ingemarsson B., P. Oscarson, M. Ugglas y C. M. Larsson. 1987b. Nitrogen utilization in *Lemna*. III. Short-term effects of ammonium on nitrate uptake and nitrate reduction. *Plant Physiol.* 85: 865-867.
- Joy K. W. 1969a. Nitrogen metabolism of *Lemna minor*. I. Growth, nitrogen sources and amino acid inhibition. *Plant Physiol.* 44: 845-848.
- Joy K. W. 1969b. Nitrogen metabolism of *Lemna minor*. II. Enzymes of nitrate assimilation and some aspects of their regulation. *Plant Physiol.* 44: 849-853.



- Landolt E. 1986. Biosystematics investigations in the family of duckweeds (Lemnaceae) vol. 2. The family Lemnaceae – a monographic study, 566p., Veröff. Geobot. Inst. ETH Stiftung Rübel Zürich 71.
- Leng R. A., J. H. Stambolie y R. Bell. 1995. Duckweed - a potential high-protein feed resource for domestic animals and fish. *Livestock Research for Rural Development* 7 (1). [Online] Disponible en: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd7/1/3.htm>. 29 de Diciembre de 2004.
- Reid M. S. y R. L. Bielecki. 1970. Response of *Spirodela oligorrhiza* to phosphorus deficiency. *Plant Physiol.* 46: 609-613.
- Reddy K. R. y J. C. Tucker. 1983. Productivity and nutrient uptake of water hyacinth, *Eichhornia crassipes* L. Effect of nitrogen source. *Economic Botany*, 37(2): 237-247.
- Rufty T. W., C. T. MacKown y D. W. Israel. 1990. Phosphorus stress effects on assimilation of nitrate. *Plant Physiol.* 94: 328-333.
- Rusoff L. L., E. W. Blakeney y D. D. Culley. 1980. Duckweeds (Lemnaceae Family): A potencial source of protein and amino acids. *J. Agric. Food Chem.* 28: 848-850.
- Skillicorn P., W. Spira y W. Journey. 1993. Duckweed Aquaculture - A New Aquatic Farming System for Developing Countries. The World Bank. 76pp. Washington DC. [Online] Disponible en: [http://www-wds.worldbank.org/servlet/WDSCContentServer/WDSP/IB/1993/03/01/000009265\\_3970128103342/Rendered/PDF/multi\\_page.pdf](http://www-wds.worldbank.org/servlet/WDSCContentServer/WDSP/IB/1993/03/01/000009265_3970128103342/Rendered/PDF/multi_page.pdf). 29 de Diciembre de 2004.
- Steinberg R. A. 1946. Mineral requirements of *Lemna minor*. *Plant Physiol.* 21: 42 – 48.
- Van Beusichem M. L.; E. A. Kirkby y R. Bass. 1988. Influence of nitrate and ammonium nutrition on the uptake, assimilation, and distribution of nutrients in *Ricinus communis*. *Plant Physiol.* 86: 914-921.

